

直列システムにおける保守点検労力の再配分

01007584 大阪工業大学 一森 哲男 ICHIMORI Tetsuo

1. はじめに

生産ライン上では半製品は順次直列的に処理を加えられ、最終製品となり出荷される。この一連の処理は機能ごとに細分され、独立したものとなっている。別な言い方をすれば、ひとつのシステムが直列に多数のサブシステムに細分されている。製品の出荷前には、検査が行われるが、すべての製品が満足のものとは限らない。不良品の発生する原因の多くはシステムに内在する不良・故障であるため、多くの工場では生産を止め、システムの保守・点検を定期的に行っている。保守・点検では時期的に定められた指示に従い部品を交換したり、定められた項目をチェックし異常があれば修理や部品交換を行っている。しかしそれでも、不良品が発生していることを考えると、この保守・点検方法は改善の余地がある。すなわち、必要なところにより多くの保守・点検を行い、不必要なところではこれらを減らせばよい。問題は、どのサブシステムにどれだけの保守・点検を行えば良いかを定量的に求めることである。

2. 問題の記述

保守点検開始時にサブシステム j に潜在する不良・故障部品数を f_j とし、点検項目数 x_j 処理後に、残存する不良・故障部品数を $y_j(x_j)$ とすと、発見される不良・故障部品数をそのサブシステムに潜在する不良・故障部品数に比例すると仮定すると

$$-y'_j(x_j) = d_j y_j(x_j) \quad (1)$$

となる。これを境界条件式

$$y_j(0) = f_j \quad (2)$$

で解くと

$$y_j(x_j) = f_j e^{-d_j x_j} \quad (3)$$

が得られる。サブシステム j の部品総数を p_j とすれば点検項目数 x_j を処理した後のサブシステム j の信頼度は

$$\frac{p_j - y_j(x_j)}{p_j} = \frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j} \quad (4)$$

となり、 n 個のサブシステムからなる直列システム全体での信頼度は

$$\prod_{j=1}^n \frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j} \quad (5)$$

で与えられる。今回行う予定の総点検項目数を X とすれば、各サブシステム j の点検項目数 x_j は以下の最適化問題の解として与えられる。

$$(P_1) \quad \max \quad \prod_{j=1}^n \frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j}$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq X,$$

$$x_j = 0, 1, \dots \quad 1 \leq j \leq n$$

もしくは

$$(P'_1) \quad \max \quad \sum_{j=1}^n \log \left\{ \frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j} \right\}$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq X,$$

$$x_j = 0, 1, \dots \quad 1 \leq j \leq n$$

とも書き直せる。

これは従来から行っている保守・点検にかけている労力を変えずに、各サブシステムにかけている保守・点検労力配分を見直す問題である。二番目の定式化は目的関数を和のかたちに変えただけであるが、この方が定式化としては一般的で標準的である。

3. 数値例

ここで、サブシステムが10個の直列システムを考える。部品数 p_j 、推定される不良・故障数 f_j 、式(1)の比例定数 d_j を表1に示す。総点検項目数を $X = 5,000$ とする。分枝限定法を用いて解いた結果 x_j も同表1に示している。この直列システムの信頼度は0.9716となっている。

表1: 問題のデータと解

j	p_j	f_j	d_j	x_j
1	1,000	10	0.004	392
2	1,000	15	0.003	560
3	1,000	20	0.002	787
4	1,200	10	0.005	321
5	1,200	15	0.004	447
6	1,200	15	0.003	502
7	1,200	20	0.002	693
8	1,500	10	0.004	290
9	1,500	15	0.003	427
10	1,500	20	0.002	581

一般に、問題 (P_1) のように変数 x_j に整数条件を与えるとサブシステム数が大きくなると

解くのが大変になる。その場合は、非線形計画法の問題と見て解いた実数解を適当に整数に丸めるのが現実的である。

発展問題

サブシステムの中には特に信頼度の高いのを要求されるものがある。このような場合は各サブシステムに要求信頼度 r_j を設定する。

$$(P_2) \quad \max \quad \prod_{j=1}^n \frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j}$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq X,$$

$$\frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j} \geq r_j,$$

$$x_j = 0, 1, \dots \quad 1 \leq j \leq n$$

直列システムの信頼度が所期の信頼度を満足していなければ、生産をさらに停止して保守・点検をしなければならない。問題は総点検件数を求めることである。

$$(P_3) \quad \min \quad \sum_{j=1}^n x_j,$$

$$\text{subject to} \quad \prod_{j=1}^n \frac{p_j - f_j e^{-d_j x_j}}{p_j} \geq r$$

$$x_j = 0, 1, \dots \quad 1 \leq j \leq n$$

4. あとがき

多くの工程からなる製造ラインを考えた。各工程において可能な限り適切な加工をうけて製品が作られる。しかしながら、工程を構成するサブシステムは必ずしも故障のない状態が常に維持されるわけではない。そのため、基準を満たさない商品が作り出されてしまいます。このような原因は多くの場合、生産システムに内在する不良・故障が原因であり、これを効率よく発見し除去することは日ごろの定期点検において重要である。